

文章编号: 0258-7106 (2005) 06-0676-08

浅层地震与 MT 联合技术在隐伏金属矿床 定位预测中的应用*

——以新疆哈密图拉尔根铜镍矿区为例

肖骑彬¹, 蔡新平², 徐兴旺², 梁光河², 张宝林², 王 杰², 秦克章²
彭晓明³, 惠卫东³, 三金柱³, 康 峰³, 张 文³

(1 中国地震局地质研究所, 北京 100029; 2 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029;

3 新疆维吾尔自治区有色地质勘探局 704 地质大队, 新疆 哈密 839000)

摘 要 文章将浅层地震勘探与大地电磁测深 (MT) 应用于新疆哈密图拉尔根铜镍矿区隐伏含矿岩体的定位预测中, 得到的二维反演结果比较一致, 与地质事实吻合较好, 并可以与已知的钻探结果对比。准确地预测了含矿地质体的形态、位置与产状, 达到隐伏矿床定位预测的目的。据此认为 MT 和浅层地震勘探的联合运用是隐伏金属矿床定位预测的有效手段。

关键词 地质学; 浅层地震; 大地电磁测深; 隐伏金属矿床; 定位预测; 图拉尔根; 新疆

中图分类号: P631.4

文献标识码: A

目前, 隐伏矿床定位预测工作的主要目标是判断深部最有利的成矿与赋矿部位, 合理的物、化探手段可以有效地帮助建立和验证矿床结构模型(蔡新平等, 1998)。通过对隐伏地质体的地球物理场和地球化学场的研究, 可以划分出与含矿关系密切的地球物理异常和地球化学异常, 当这些异常叠加到一起, 并和已知的特征含矿组构相对应时, 就极有可能是所要找寻的目标——含矿地质体。在这一思路的指引下, 笔者开展了寻找合理的勘探手段的研究。

地震方法是石油勘探的主要方法之一, 可较精细地确定沉积盆地内部地质体的结构, 蔡新平(1994)较早地将浅层地震方法应用于金厂峪金矿区隐伏地质结构的研究, 通过对地质工作建立的矿床结构模型的验证, 有效地指导了深部找矿。梁光河等(2000; 2001a; 2001b)研发了一套适合复杂地形、地质条件下的数据处理软件, 使浅层地震勘探在各种不同的地质背景条件下得以推广应用, 取得了良好的效果。大地电磁测深(MT)作为基于天然场源

的电磁方法, 已被广泛地应用于地球深部结构和(含油气)盆地深部结构的探查中, 是探查中-深部层次(通常大于 2 km)隐伏构造的重要手段(赵国泽等, 1996; Volti, 1999; Wu et al., 2002)。近年来, 大地电磁测深的仪器有诸多的改进, 有效频率范围不断扩大, 如德国 Metronix 公司最新型的 ADU06 系统, 其最高测深频率为 8 000 Hz, 这为将该方法引入到不同深度(从几十米到几千米)金属矿产资源的勘探提供了可能(Zhang et al., 1998; Stevens et al., 1998; 张宝林等, 2002)。本研究尝试性地将浅层地震与大地电磁测深(MT)方法相结合, 拟用浅层地震方法探查隐伏地质体的地质结构, 用大地电磁测深的方法探查隐伏地质体的电性结构和矿化体的电性异常场, 为判断含矿体的占位空间、形态和矿化强度提供依据, 从而达到隐伏矿床定位预测的目的。对新疆哈密图拉尔根铜镍矿区隐伏矿体的定位预测表明: 这 2 种方法相结合, 可成为寻找隐伏矿体的一种新手段。

* 本文得到中国科学院知识创新工程重要方向项目“新疆钾盐、铜金成矿条件与隐伏矿床预测示范研究”(KZCX3-SW-137)及国家 305 项目“东天山东段大型铜矿床靶区优选与定位预测”专题(2001BA609A-07-07)的联合资助

第一作者简介 肖骑彬, 男, 1975 年生, 博士, 主要从事大地电磁测深与隐伏资源预测研究。Email: s98012@sina.com.cn

收稿日期 2005-04-01; 改回日期 2005-07-11。李 岩编辑。

1 矿区地质和测线布置

1.1 区域地质概况

图拉尔根铜镍矿床位于哈密东约 200 km 的图拉尔根大沟西侧,康古尔断裂带之南。矿区出露的地层主要为石炭纪的火山沉积建造,主要由干墩组的正常沉积碎屑岩(炭质页岩、炭质粉砂岩)和梧桐窝组的石英角斑质的火山熔岩和火山碎屑岩组成。在矿区南侧的图拉尔根大沟中段区域上有较大范围的元古代深变质岩出露,主要由(透辉石)大理岩、片麻岩、片麻状花岗岩、变粒岩和麻粒岩组成;元古代

深变质岩地层褶皱和韧性变形强烈,其上被石炭纪火山-沉积岩不整合覆盖。在矿区北侧(康古尔断裂以北)出露泥盆系大南湖组的熔结火山集块岩,其中含有片岩和片麻岩的角砾。此外,矿区海西中晚期侵入的花岗闪长岩、花岗(斑)岩及基性-超基性杂岩体发育(图 1)。

1.2 矿床地质特征

图拉尔根铜镍矿是全岩矿化的超基性岩型铜镍矿床。已知含矿岩体呈 NEE 向展布,长约 700 m,宽 50 ~ 70 m(图 1),由角闪橄榄岩和两侧的辉石岩、辉长岩组成,岩石蚀变强烈。角闪橄榄岩矿化明显,地表见孔雀石化、黄铁矿化、褐铁矿化。从已知钻孔深

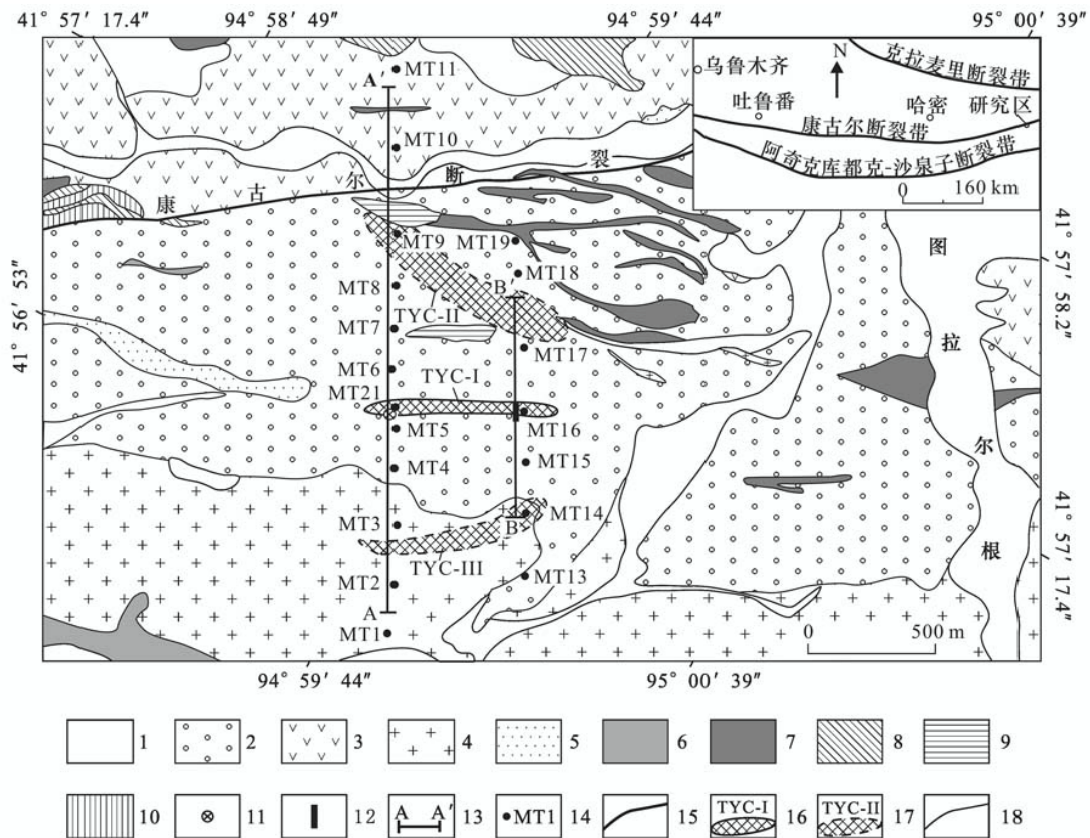


图 1 图拉尔根铜镍矿区地质及物探工程布置图(底图由新疆有色地质勘探局 704 地质大队提供)

1—第四系;2—石炭系碎屑岩、火山岩;3—泥盆系大南湖组火山岩;4—海西期花岗岩;5—海西期安山玢岩;6—海西期花岗闪长岩;7—海西期闪长玢岩;8—海西期花岗斑岩;9—海西期辉长岩;10—海西期辉绿玢岩;11—已知钻孔;12—槽探工程;13—测线及编号;14—MT 测点及编号;15—断裂带;16—已知超基性含矿岩体及编号;17—推测超基性含矿岩体及编号;18—地质界线

Fig.1 Geology and layout of geophysical exploration work in the Tulargen Cu-Ni mining area (the base map provided by No. 704 Geological Party, Xinjiang Bureau of Geological Exploration for Nonferrous Metals)

1—Quaternary; 2—Carboniferous clastic rock and volcanic rock; 3—Volcanic rock of Devonian Dananhu Formation; 4—Hercynian granite; 5—Hercynian andesite-porphyrity; 6—Hercynian granodiorite; 7—Hercynian diorite-porphyrity; 8—Hercynian granite-porphyrity; 9—Hercynian gabbro; 10—Hercynian diabase-porphyrity; 11—Known drilling hole; 12—Trenching project; 13—Survey line and its serial number; 14—MT site and its serial number; 15—Fault zone; 16—Known ultrabasic ore-bearing rock mass and its serial number; 17—Inferred ultrabasic ore-bearing rock mass and its serial number; 18—Geological boundary

部验证情况来看,矿体呈似层状、脉状产出,沿倾向呈不规则的透镜状或藕节状(图2),铜品位一般为0.07%~0.10%,最高0.86%,镍品位0.10%~0.30%,最高1.53%。其分布主要受近EW向的脆韧性剪切带控制。局部矿体产于岩体向深部变缓的部位,矿体形态受岩体底部形态制约。进一步查明该含矿岩体深部的延伸、形态和分布是研究与评价该含矿岩体成矿规律和成矿远景及开展矿区隐伏矿床定位预测的关键。

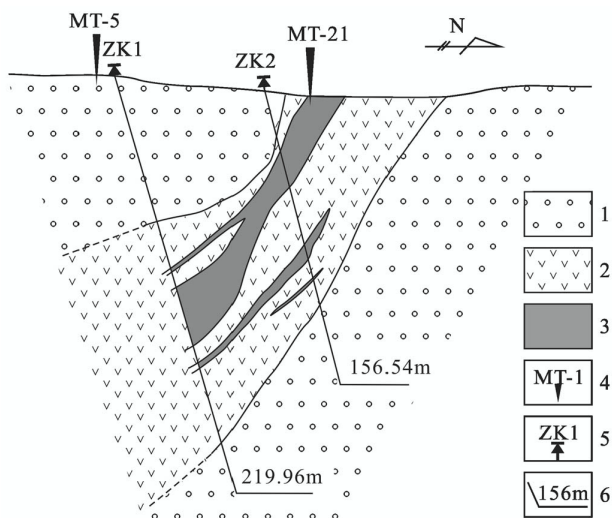


图2 图拉尔矿区已知钻孔及已知矿体剖面图
(由新疆有色地质勘探局704地质大队提供)

1—碳系;2—超基性岩体;3—矿体;4—MT测点;
5—钻孔;6—终孔深度

Fig.2 Schematic section of the known drilling holes and ore bodies in Tulargen Cu-Ni mining area(Provided by 704 Party, Xinjiang Bureau of Nonferrous Metals Geological Exploration)

1—Stratum of Carboniferous; 2—Ultrabasic magmatic body; 3—Ore body (or vein); 4—Corresponding magnetotelluric site and number; 5—Drilling hole and number; 6—End depth of drilling hole

1.3 测点、测线布置与观测数据质量评估

在图拉尔根矿区沿两条剖面分别进行了浅层地震和大地电磁测深(MT)研究工作,其位置如图1所示。浅层地震勘探剖面中炮间距为24m,检波器的点间距为8m;大地电磁测深(MT)测点沿地震剖面线布置,实际有效测点19个,点间距总体在100~200m,局部加密(在剖面AA'中,MT21号点就是布置在已知钻孔旁的一个加密点)。

剖面AA'较长,往北穿过康古尔断裂进入泥盆系火山岩地层发育区,往南进入矿区南侧的花岗岩体出露区;设计此长剖面的目的除了探查已知含矿超基性岩体的深部延伸情况外,主要是研究与探查

图拉尔根铜镍矿田深部的总体地质格局、已知矿床外围隐伏含矿岩体的分布、康古尔断裂等重要的地质问题。

浅层地震勘探野外数据采集的质量主要取决于放炮的质量,就总体而言本次浅层地震工作勘探采集的数据质量较好。图拉尔根矿区位于偏远的无人戈壁区,没有人工电磁场的干扰,这也保证了大地电磁测深能够获得非常好的原始数据。

2 浅层地震和 MT 数据处理

2.1 浅层地震勘探数据处理结果与矿区隐伏地质体的结构

地震勘探是利用人工激发的弹性波在岩石中的传播来研究地下地质结构和岩性信息的一种方法,其中利用反射波来解决地质问题的方法称为反射波法。地震波的反射系数与地下界面两侧介质的岩性差异有关,岩性(或速度和密度)差异越大,反射振幅就越大,反之,反射振幅就越小。通常情况下,变质岩内部的反射较强,连续性较好,破碎的介质在地震剖面上表现为连续性较差。因此连续性较差和振幅较弱的区域推测为岩体内部或断裂带的反射(梁光河等,2000;2001b)。

图3是图拉尔根铜镍矿区2条浅层地震勘探剖面的二维反演结果,从中可以判读出一些重要的地质信息:

(1) 矿区和矿田深部都具典型的二元结构。上部为反射界面产状平缓的地质体,表现出盖层的特征,推测为晚古生代石炭系和泥盆系沉积建造;下部地质体的反射界面结构复杂,其断续分布的特征可认为是一些较紧闭的褶皱构造,表现出基底的特征,为元古代深变质岩建造。此结构与研究区区域构造是一致的。

(2) 在2条地震剖面中有一些形态不规则的地质体,其内部反射界面结构与其周边地层反射界面结构明显不协调、或表现出明显的弱反射特征。这种弱反射的地质体通常是结构均匀的岩体,而具层状反射界面,但与周边地层反射界面结构明显不协调的多是脉岩。据此笔者在AA'地震剖面的中浅部划分出①、②、③、④共4个规模不一的岩体或脉岩,其中②号岩体与含矿的超基性岩体对应,被已知钻孔(ZK115-2)验证。在BB'地震剖面的中浅部划分出⑤、⑥、⑦共3个岩体或脉岩。

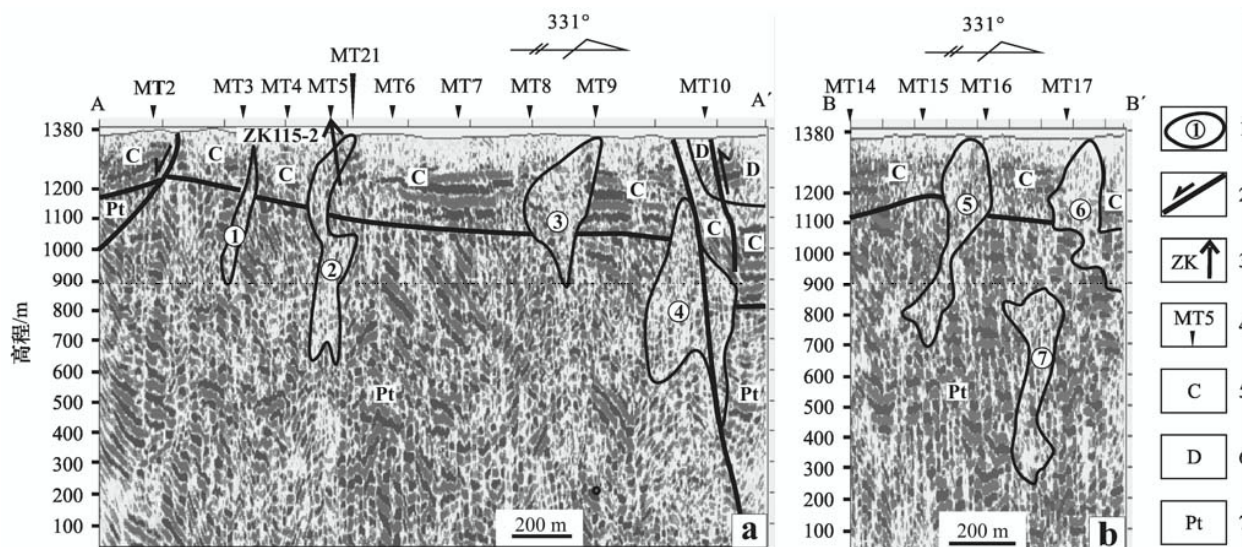


图3 图拉尔根铜镍矿区浅层地震勘探反演结果及基本地质解释

a. 测线 AA'; b. 测线 BB'

1—推测岩体及编号;2—推测断裂;3—已知钻孔;4—对应 MT 测点及编号;5—石炭系;6—泥盆系;7—元古代变质岩

Fig.3 Inversion result and basic geological interpretation of shallow seismic exploration in the Tulargen Cu-Ni ore area

a. Survey line AA'; b. Survey line BB'

1—Inferred rock mass and its serial number; 2—Inferred fault; 3—Known drilling hole; 4—Corresponding MT site and its serial number; 5—Carboniferous; 6—Devonian; 7—Proterozoic metamorphic rock

(3) 康古尔断裂结构复杂(图3a)。相对于断裂带南侧的地层而言,断裂带北侧泥盆系总体有往北下滑的特征,而其上部地层则表现出向上逆冲的特征。

(4) 在2条地震剖面上,②号岩体和⑤号岩体的反射特征一致或相似,在水平方向上可能相连,总体上呈南倾或陡立的不规则条带状,带状体上段地震图像表现为南倾、斜列的面状反射界面,中下段地震图像表现为不连续的点状反射或较均匀的弱反射。在AA'剖面中,②号岩体宽50~150 m不等,向下可延伸到650 m标高;其中1100 m标高以上段南倾,1100 m标高以下段近直立(图3a);在BB'剖面中,⑤号岩体南倾,倾角60°左右;岩体呈棒槌状,上段厚的地方可达150 m,其向下延伸到700 m标高(图3b)。可见,已知含矿超基性岩体在深部有一定的延伸,岩体倾向长度大于600 m。

(5) AA'地震剖面中,③号岩体呈三角状,其内部反射特征与已知的②号含矿岩体相似,该岩体在地表有零星出露,岩石类型有闪长岩、辉长岩和橄榄辉长岩,即③号岩体也是一个基性-超基性岩体(图3a)。在BB'剖面中,⑥号岩体呈不规则条带状(图3b),其内部反射特征与③号岩体相似,在水平方向上可以与③号岩体对应,该岩体在地表也有零星出

露,岩石类型有辉长岩和橄榄辉石岩。

2.2 MT的数据处理结果与低阻异常体的圈定

大地电磁测深(MT)是利用源自高空电离层中的天然场源在入射到地球内部后,引起在地表观测到的电、磁场强度的变化来研究地下岩石电学性质及分布特征的一种方法(陈乐寿等,1990)。在金属矿区,岩石中金属矿物的含量如果达到一定的比例或具有较好的连通性,会使自身电阻率显著降低,而大地电磁测深对于低阻层(体)相当敏感,是大地电磁测深方法应用于隐伏金属矿床勘探的主要科学依据。

图4是测线AA'中各大地电磁测深点的原始视电阻率和相位曲线,从曲线形态来看,xy方向的曲线总体为H+K型,但以MT11测点例外,MT11测点的xy方向曲线表现为Q+K型,除该点外,xy方向的曲线形态稳定,在整条测线上表现出良好的相似性;yx方向的曲线总体为Q型或Q+K型,但以MT11测点例外,该测点的yx方向曲线表现为H+K型,由于测区区域构造走向呈NEE近EW向,即按实际测点的布置(E_x 、 H_x 为正南北; E_y 、 H_y 为正东西)分析,xy方向代表了横向极化(即TM),而yx方向相应代表了纵向极化(即TE),但MT11测点是一个例外,从整条测线的曲线形态对比出发,同时考

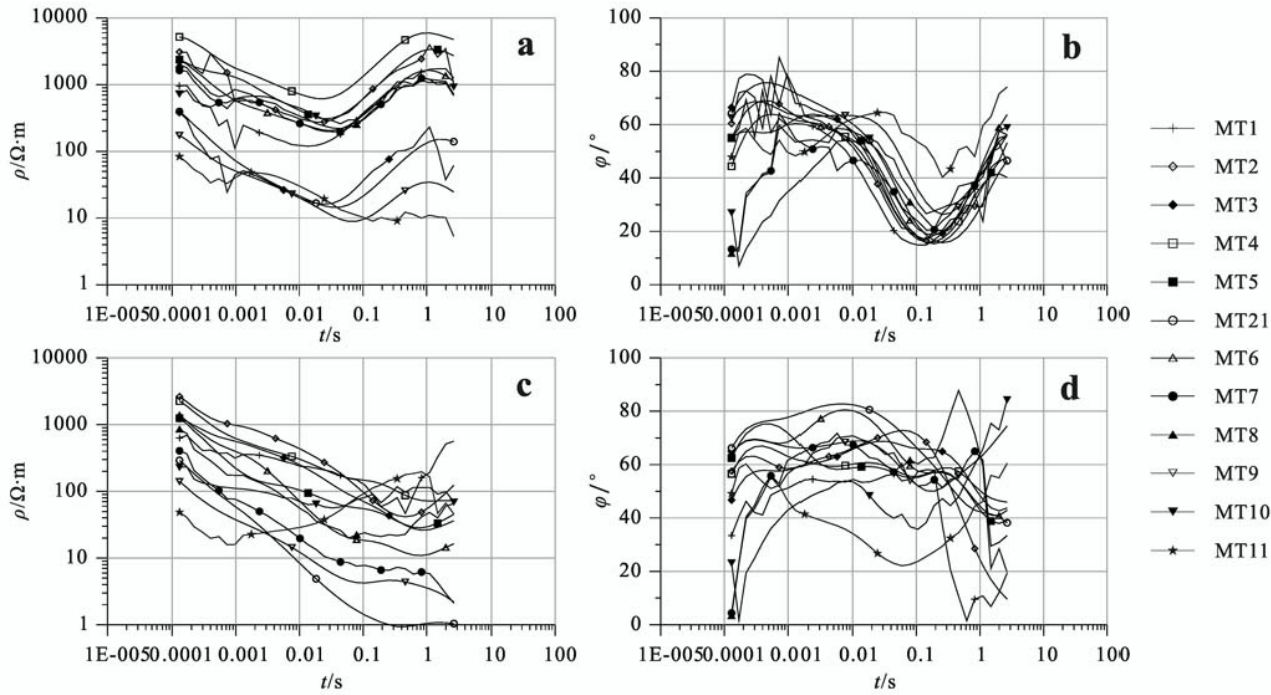


图 4 测线 AA' 大地电磁测深原始视电阻率与相位曲线
a. 视电阻率 ρ_{xy} 曲线; b. 相位 φ_{xy} 曲线; c. 视电阻率 ρ_{yx} 曲线; d. 相位 φ_{yx} 曲线
Fig. 4 Original apparent resistivity and phase curves of magnetotelluric sounding along line AA'
a. ρ_{xy} curves; b. φ_{xy} curves; c. ρ_{yx} curves; d. φ_{yx} curves

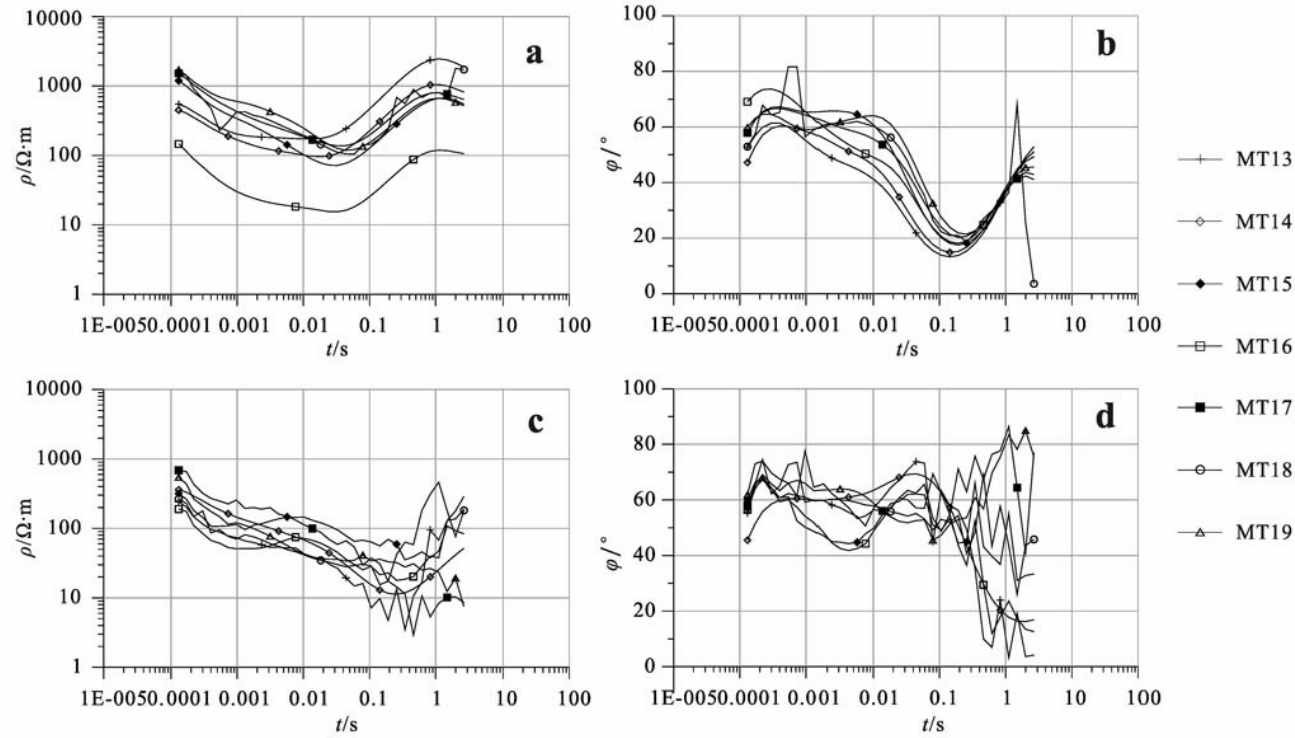


图 5 测线 BB' 大地电磁测深原始视电阻率与相位曲线
a. 视电阻率 ρ_{xy} 曲线; b. 相位 φ_{xy} 曲线; c. 视电阻率 ρ_{yx} 曲线; d. 相位 φ_{yx} 曲线
Fig. 5 Original apparent resistivity and phase curves of magnetotelluric sounding along line BB'
a. ρ_{xy} curves; b. φ_{xy} curves; c. ρ_{yx} curves; d. φ_{yx} curves

考虑到在小尺度大地电磁测深上,低频端曲线应保持一定的相似性,所以认为 MT11 测点的 y_x 方向代表了横向极化(即 TM),而 x_y 方向相应代表了纵向极化(即 TE)。

图 5 是测线 BB' 中各大地电磁测深点的原始视电阻率和相位曲线,从曲线形态来看, x_y 方向的曲线总体为 H+K 型,曲线形态稳定,在整条测线上表现出良好的相似性; y_x 方向的曲线总体为 Q 型或 Q+K 型,同样从曲线的总体形态来看 AA' 各测点之下首层不应存在明显的低阻异常,按测区区域构造走向, x_y 方向代表了横向极化(即 TM), y_x 方向相应代表了纵向极化(即 TE)。

测区地形起伏较小,在资料处理过程中可以忽

略地形的影响。采用 Rebocc 程序(Siripunvaraporn et al., 2000)对每条测线分 TE(电场沿走向方向极化)、TM(电场沿倾向方向极化)及 TE 与 TM 联合模式作二维反演计算,最后发现 TM 模式反演的均方误差(RMS)最小,经过 30 次迭代,RMS<3%,相邻迭代次数之间模型相对变化趋于 0。

图 6 为图拉尔根铜镍矿区 2 条大地电磁测深剖面 TM 模式下的二维反演结果,从中可以清楚地看出:2 条剖面都发育有 3 个明显相连或断续相连的低阻异常体(电阻率值小于 $50 \Omega \cdot \text{m}$),它们在空间上构成 3 个异常带,即中部异常带 TYC-I、北部异常带 TYC-II 和南部异常带 TYC-III(图 1)。

每条剖面中异常体的主要特征如表 1 所示,中

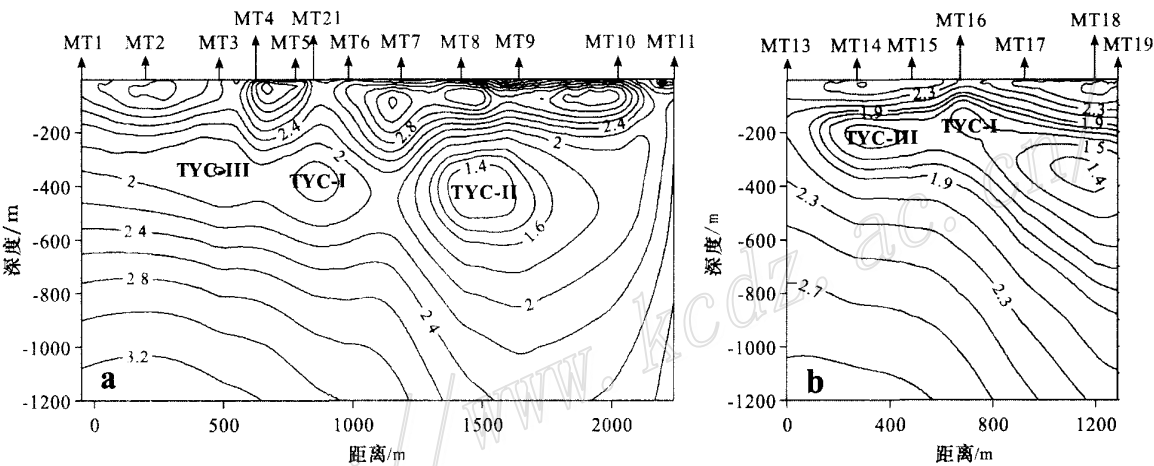


图 6 图拉尔根铜镍矿区 MT 测量 Rebocc 二维反演结果(图中等值线值为电阻率的对数)
a. 测线 AA'; b. 测线 BB'。图中 TYC-I、TYC-II、TYC-III 同图 1。

Fig.6 Rebocc two-dimensional inversion result of magnetotelluric sounding in the Tulargen Cu-Ni ore area
a. Survey line AA'; b. Survey line BB'

表 1 图拉尔根铜镍矿田主要异常低阻体的特征

Table 1 Characteristics of main abnormal low resistivity bodies in the Tulargen Cu-Ni ore area

	AA' 剖面	BB' 剖面
中部异常 TYC-I	主异常体呈椭圆状,近直立产出,位于 5 号~21 号测点之下,埋深介于 50~500 m 之间,其南北宽约 100 m,异常体有垂直向下延伸的趋势。对应于地震剖面中的 ②号岩体。	主异常体呈浑圆状,位于 16 号测点之下,直径 80 m 左右,异常中心埋深约 100 m。对应于地震剖面中的 ⑤号岩体。
北部异常 TYC-II	主异常体呈滴水状,位于 9 号测点之下,埋深介于 100~400 m 之间,异常体有垂直向下延伸的趋势。对应于地震剖面中的 ③号岩体。	主异常体呈椭圆状,位于 17~18 号测点之下,倾伏状产出(倾伏角约 35°),异常体长轴长约 350 m,短轴长约 200 m,异常中心埋深约 400 m。异常强度大,对应于地震剖面中的 ⑥号岩体。
南部异常 TYC-III	主异常体呈浑圆状,位于 2 号~3 号测点之下,直径 100 m 左右,异常中心埋深约 200 m。对应于地震剖面中的 ①号岩体。	主异常体呈椭圆状,位于 14 号测点之下,近水平产出;异常中心埋深约 200 m。对应的地震剖面没有控制。

部异常带 TYC-I 的位置对应于已知含矿超基性岩体发育的位置,据此推断北部异常带 TYC-II 和南部异常带 TYC-III 可能也是隐伏含矿超基性岩体的反应。其中北部异常带 TYC-II 与地震剖面中的 ③号和 ⑥号超基性岩体对应;由于地震剖面 BB' 较短,所以在与 BB' 对应的大地电磁测深剖面中,南部异常带 TYC-III 没有地震资料验证,但在 AA' 大地电磁测深剖面中, TYC-III 可与 ①号岩体对应。

3 结论与讨论

围绕已知含矿超基性岩体,开展新的勘探工作是图拉尔根矿区找矿工作的基本思路。通过浅层地震与 MT 探测结果的相互验证,给出了图拉尔根矿区 2 条地球物理剖面深部地质体的地质结构和电性分布,成功地验证了已知的含矿超基性岩体,探明了已知含矿超基性岩体的深部形态与展布特征。同时在矿区南北两侧新发现了两个隐伏的含矿超基性岩带——北矿带与南矿带(图 1)。就已知含矿超基性岩带而言,其深部仍有很大的找矿空间和找矿潜力;新发现的北矿带成矿远景好,具有与已知含矿带相似的地震反射结构,但低阻异常规模要较已知含矿带大,是值得开展钻探探查的重点靶区。

本次浅层地震与大地电磁测深勘探的结果较一致,并可以与已知的钻探结果对比。这意味着浅层地震与大地电磁测深方法相互配合应用于隐伏铜镍矿床定位预测研究工作是有效的,找矿效果明显。

References

- Cai X P. 1994. Researches on ore-controlling structures and deep prospecting of the Jinchangyu gold deposit[A]. In: Leading Group Office of Gold Science and Technology Work, CAS, ed. New advances in researches on gold deposits of China, vol. I (part II) [C]. Beijing: Seismological Press. 457 ~ 472 (in Chinese).
- Cai X P and Zhang B L. 1998. Texture model of ore deposits and positioning prognosis of some types of gold deposits[J]. Scientia Geologica Sinica, 33(3): 329 ~ 337 (in Chinese with English abstract).
- Chen L S and Wang G. 1990. Method of magnetotelluric sounding[M]. Beijing: Seismological Press. 1 ~ 7 (in Chinese).
- Liang G H, Cai X P, Wang J, et al. 2000. The application of seismic exploration method in prediction of concealed Beiya gold deposit in Yunnan Province[J]. Gold Sci. & Technol., 8(6): 1 ~ 9 (in Chinese with English abstract).
- Liang G H and Cai X P. 2001a. The application of seismic exploration method in deep prediction of Pengjiakuang gold deposits[J]. Mineral Resources and Geology, 15(6): 743 ~ 748 (in Chinese with English abstract).
- Liang G H, Cai X P, Zhang B L, et al. 2001b. The application of seismic exploration method in deep prediction of gold deposits[J]. Geol. & Prospect., 37(6): 29 ~ 33 (in Chinese with English abstract).
- Siripunvaraporn W and Egbert G. 2000. An efficient data-subspace inversion method for 2-D magnetotelluric data[J]. Geophysics, 65(3): 791 ~ 803.
- Stevens K M and McNeice G. 1998. On the detection of Ni-Cu ore hosting structures in the Sudbury igneous complex using the magnetotelluric method[A]. In: Society of Exploration Geophysicists Expanded Abstracts(1998)[C]. New Orleans(Louisiana). 751 ~ 755.
- Volti T K. 1999. Magnetotelluric measurements on the Methana Peninsula(Greece): Modeling and interpretation[J]. Tectonophysics, 301: 111 ~ 132.
- Wu X H, Ferguson I J and Jones A G. 2002. Magnetotelluric response and geoelectric structure of the Great Slave lake shear zone[J]. Earth Planet. Sci. Lett., 196: 35 ~ 50.
- Zhang B L, Cai X P, Liang G H, et al. 2002. A combined geophysical test on the deep prospecting target of the Wulaga gold deposit in Heilongjiang, China[J]. Chinese J. Geophy., 45(Supp.): 346 ~ 355 (in Chinese with English abstract).
- Zhang P and Alan K. 1998. Using magnetotelluric for mineral exploration[A]. In: Society of Exploration Geophysicists Expanded Abstracts(1998)[C]. New Orleans(Louisiana). 776 ~ 779.
- Zhao G Z, Tang J, Liu T S, et al. 1996. Preliminary interpretation of MT data along profile from Yanggao to Rongcheng: Application of decomposition of MT impedance tensor[J]. Seismology & Geol., 18(3): 66 ~ 74 (in Chinese with English abstract).
- 蔡新平. 1994. 金厂峪控矿构造及深部找矿研究[A]. 见: 中国科学院黄金科技工作领导小组办公室编. 中国金矿研究新进展, 第 1 卷(下篇)[C]. 北京: 地震出版社. 457 ~ 472.
- 蔡新平, 张宝林. 1998. 矿床结构模型与某些类型金矿床定位预测[J]. 地质科学, 33(3): 329 ~ 337.
- 陈乐寿, 王光镠. 1990. 大地电磁测深法[M]. 北京: 地震出版社. 1 ~ 7.
- 梁光河, 蔡新平, 王杰, 等. 2000. 浅层地震勘探在云南北衙地区隐伏金矿预测中的应用[J]. 黄金科学技术, 8(6): 1 ~ 9.
- 梁光河, 蔡新平. 2001a. 地震勘探在山东蓬家乔金矿深部预测中的应用[J]. 矿产与地质, 15(6): 743 ~ 748.
- 梁光河, 蔡新平, 张宝林, 等. 2001b. 浅层地震勘探方法在金矿深部预测中的应用[J]. 地质与勘探, 37(6): 29 ~ 33.
- 张宝林, 蔡新平, 梁光河, 等. 2002. 综合地球物理方法对金矿深部找矿靶区的验证[J]. 地球物理学报, 45(增刊): 346 ~ 355.
- 赵国泽, 汤吉, 刘铁胜, 等. 1996. 山西阳高-河北容城剖面大地电磁资料的初步解释-阻抗张量分解及其应用[J]. 地震地质, 18(3): 66 ~ 74.

附中文参考文献

Application of shallow seismic technology and magnetotellurics to location prognosis of concealed metallic deposits : Case study of Tulargen Cu-Ni mining area , Hami , Xinjiang

XIAO Qi-bin¹ , CAI Xin-ping² , XU Xing-wang² , LIANG Guang-he² , ZHANG Bao-lin² , WANG Jie² , QIN Ke-zhang² , PENG Xiao-ming³ , HUI Wei-dong³ , SAN Jin-zhu³ , KANG Feng³ and ZHANG Wen³

(1 Institute of Geology , China Earthquake Administration , Beijing 100029 , China ; 2 Institute of Geology and Geophysics , CAS , Beijing 100029 , China ; 3 No. 704 Geological Party , Xinjiang Bureau of Geological Exploration for Nonferrous Metals , Hami 839000 , Xinjiang , China)

Abstract

Both shallow seismic technology and magnetotellurics were applied to the location prognosis of concealed ore-bearing magmatic bodies in the Tulargen Cu-Ni mining area . The two-dimensional inversion results of the two methods agree with each other and can be compared with the known drilling results . The geological interpretation correctly defines the shapes , locations and attitudes of the ore-bearing geological bodies . The aim of location prognosis of the concealed deposit was eventually attained . It is thus concluded that the combination of shallow seismic technology with magnetotellurics seems to be an effective means for location prognosis of the concealed metal deposit .

Key words : geology , shallow seismic technology , magnetotellurics , concealed metal deposit , location prognosis , Tulargen , Xinjiang

<http://www.kcdz.ac.cn/>